綜 説

凍結真空乾燥した食品について

木 村 進*
(昭和35年11月15日受理)

Foods Processed by Freeze-drying

Susumu KIMURA

(Food Research Institute, Department of Agriculture and Forestry)

われわれが食品を加工、貯蔵するにあたって、第一に考慮しなければならぬ点は、いかに新鮮物にまたは加工前の状態に近いものとどめるかということである。従来この考えかたから缶詰、冷蔵、冷凍など食品保蔵の加工法が研究され、加工食品として市販されてきたのである。

第2次大戦後の混乱期以後、われわれの生活様式は年とともに合理化の方向にむかって進んでいる。食生活の面において、食糧構成およびその形態において相当の変革があらわれてきている。

近年は缶詰、冷凍食品、水産練製品などの加工食品の生産および消費量は急激な増加を示しているが、このことは、それらの加工食品が貯蔵、輸送に便利であること、食用に供するばあいに煩雑な調理と時間を要しないこと、食事内容を「豊か」にすることなどの特徴をもっていることによると考えてよいであろう。また、このことは従来一般の食事においてはあまり重きを置かれてなかった乾燥食品も、食生活の合理化の観点から再認識される気運になってきている。粉末スープ、インスタント・コーヒーなどの消費の増加はその一端を示すものといへよう。

食品の凍結真空乾燥の意義

食品の乾燥には2つの意味が含まれている。ひとつは食品を乾燥することによって、乾燥前の食品本来の品質とは異なるものとする。すなわち、色、味、芳香、歯切れなどまったく異なったものにかえてしまい、新しい食品をつくりだすことであり、ひとつは食品を乾燥することによって、その食品本来の特性をそのまま保持し、貯蔵輸送性を賦与することである。いずれも水分の多い食品から水を除去し貯蔵輸送性を与えることに相異はないが、品質面からみればはまったく異なったものである。

従来の乾燥食品は、どちらかといえば前者に属するも

のが多い。たとえば、凍豆腐は水に浸しておいても豆腐になるものではなく、スルメも同じように生イカにもどるものではない。干バナナ、干柿、干ブドウ、干シイタケなどすべて水に浸漬しておくことにより、乾燥前の形態または品質にもどるものではない。これら常圧における乾燥方法によったばあい、乾燥工程中に品質の変化が進み、乾燥前にはなかった色、芳香、味が生じ、結果としてひとつの加工品が創造されたことを意味するものである。したがって、従来の乾燥方法により乾燥され、われわれに親しまれてきたものは、乾燥により品質が悪変せず、しかも、なにか品質的にみて特性を賦与されたものだけである。

乾燥食品が貯蔵、輸送に便利であると同時に、食用時にすみやかに乾燥前の状態に復元(reconstitution,

(western cann and packer)

第1図 米国における乾燥蔬菜の生産量

* 農林省食糧研究所

rehydration……還元、復水、吸水、もどり、などともいわれる)するならば、これは乾燥食品としてもっとも望ましいものである。

従来の常圧下における乾燥方法では、上述の2つの要求を満足さず乾燥食品はえがたかった。このことは戦時中に各国で多くの食品が乾燥食品として利用されたのにもかかわらず、そのほとんどが戦争終了とともに姿を消してしまった過去の事実をみてもわかることである。

第1図は米国における過去30年間の乾燥蔬菜の生産量のグラフであるが、これをみても乾燥食品が戦時中のいわゆる救荒備蓄用の加工食品であり、平時の食品になりきっていないことがうかがわれる。ただ1940年代と1950年代とを比較したばあい、その生産量は約10倍になっている。このことは乾燥技術の向上と処理方法の向上により、乾燥食品の品質が向上されてきたこと、乾燥食品が貯蔵、輸送、使用の点であるという、乾燥食品本来の特性が再認識されてきたことをものがたっている。

従来の乾燥食品がいくつかのものを除いて、日常生活にとり入れられなかったのは、つぎのような品質面に大きな原因がある。すなわち、従来の常圧下における乾燥方法では、被乾燥食品は長時間高温に保たれ、内部水分の拡散と表面からの蒸発を繰返し乾燥が進められるため、その間に揮発性成分(芳香)は逸散または分解、重合してその特性を失ってしまう。また、高温と空気中の酸素により、天然色素は酸化、分解退色し、糖とアミノ酸との反応および糖、ビタミンCその他の成分の酸化分解による褐変反応が進み、その食品本来の色調が失われる。蛋白質、ペクチンその他のコロイド物質は凝固結合し素面硬化(case hardening)をおこし、物理的に弾性、強度の変化がおこる。このような変性がすすむと、水分の拡散および蒸発抵抗が大きくなり、結果として低水分の製品をうることがむずかしく、したがって、その乾燥製品を貯蔵したばあいも、水分の介在により変質がすすみやすいわけである。このような乾燥食品は水または湯に浸漬しても乾燥前の食品の状態にもどることは困難で、復元にも長い時間がかかるわけである。

これら従来の乾燥食品とおもむきを異にし、一般の生活にとり入れらるべき乾燥食品はどのような品質と特徴を具備すべきであろうか。端的に表現するならば、食用時に水または湯をそそぐなり、浸漬すれば、ただちに元の乾燥前の食品に復元し、色、芳香、味、歯切れ、栄養価ともに乾燥前の食品と同様のものとなるようなものでなければならない。たとえば、乾燥カキ(貝)を酢に浸せばただちに『酢ガキ』になり、乾燥苺を水に落せばただちに美麗なそしてお高い生苺となり、乾燥味噌汁粉末に湯をそそげば瞬間にかおり高い味噌汁になるといっ

たようなものが望ましいわけである。

このような乾燥食品製造の可能なことは、すでに第1次大戦中に医療薬剤関係で証明された。すなわち、ペニシリン、輸血用の乾燥血漿を可能にし、幾多の生命を救った方法が凍結乾燥であった。しかも食品の乾燥に凍結乾燥を利用しようとする研究は Flosdorf らによって1943年頃からはじめられ、その実用化の研究は1950年以降になって各国ではじめられるようになった。現在は欧米各国ともに乾燥食品の研究者の一致した意見としては凍結乾燥が食品の乾燥方法として理想的なものであるということである。また、最近では欧米において凍結乾燥した乾燥食品が市販される段階となっている。

食品の凍結乾燥

常圧下での食品の乾燥は、高温低湿の条件下で、食品中の水分の内部拡散と表面蒸発とを繰返させ水分の除去を行うものであり、これに対し真空下の乾燥は水分の直接の蒸発または水の蒸発(昇華)によるもので、真空度の調節により希望する低温度で乾燥を進行させることができる。

真空乾燥も凍結乾燥と同様、真空中で乾燥をすすめることにおいて本質的な相違はない。ただ凍結乾燥は乾燥にうつすまでに速かに変質してしまう食品、または真空中で直接乾燥するばあい内部水分の急激な蒸発により、被乾燥食品の組織または形態の破壊がおこる危険のあるばあいには、あらかじめその食品に適した条件で凍結してから、真空中で乾燥するものである。たとえば、カキ(貝)などは凍結せずに直接高真空中の乾燥室に入れたばあい、急激に組織中の水分は蒸発し、乾燥されたものはカキの形態をとどめないものになってしまう。また量的に処理する場合、乾燥まで生のままで放置したばあいは鮮度は低下し、貯蔵中に乾燥製品の品質に対して悪影響を与える。このような形態、品質の変化を防止し、生のカキの形態のままで乾燥品とするためには、どうしても凍結しておく必要がある。逆に、果汁、コーヒー、醤油、味噌のように液状、ペース状のものを粉末状態にまで乾燥するばあいは、その形態がその食品の品質を左右するものでないので、しいて凍結乾燥の必要はなく、たんに真空中で乾燥すれば目的の製品はえられる。

このような意味から、広義の真空乾燥を狭義に真空乾燥と凍結乾燥とにわけて考えるべきであろう。

1. 乾燥装置

食品を凍結乾燥する場合に必要な装置を示すと第2図のごとくである。装置のおもな部分は乾燥室、凝結機、真空装置、加熱装置である。もちろん乾燥条件の決定、品質管理上から真空計、温度計およびその自動制御、自

実験室規模凍結乾燥機（筆者研究室）

第2図 凍結乾燥装置

動記録計が必要である。

乾燥室には被乾燥食品を乗せる乾燥板をおく棚がある。この棚そのものが昇華速進（乾燥時間の短縮）のための加熱を行う棚になっているものが多い。

凍結乾燥においては水蒸気の排除はおもに凝結機によって行われる。すなわち、乾燥される食品の飽和水蒸気圧と凝結機内の水蒸気圧との差が脱水の原動力となる。凝結機は小規模のばあい、五酸化磷のような吸湿剤、ドライアイスのような寒剤などが使用出来るが、実用規模の装置には冷凍機が使用される。いずれのばあいも凝結機の凝結表面に均一に水蒸気が凝結しうるように設計されねばならない。

食品の凍結乾燥に必要な真空度は $1.0 \sim 0.01 \text{ mmHg}$ 程度が要求される。ゆえに普通ロータリー真空ポンプが使用される。その排気量は装置全体からの洩りの量、装置内の容器その他から出るガスの量、被乾燥食品に含まれる非凝縮性などの全量を一定時間内に排除し得るものであればよい。たとえば装置内を 0.1 mmHg まで5分

間で真空にするためには、安全率をみて、その装置容積の4倍の容積を1分間に排気するものであればよい。大規模装置にはスチームエジェクターなども使用される。 10^{-3} mmHg 以上の高真空をうるためには、油拡散ポンプが使用されるが、食品の場合例外をのぞき 10^{-3} mmHg 以上の高真空はあまり必要としない。

乾燥速進のために、すなわち、昇華潜熱の補給の意味で加熱するために、電熱、蒸気、熱溶媒を熱源として使用する。加熱、熱源のいずれをとわず有効に加熱するためには、加熱方法が問題である。乾燥板にのせた被乾燥食品を単に加熱棚から（下部からのみ）加熱する単一加熱（single plate heating）では、凍結乾燥において昇華は外層から内層に向かって進むことから有効ではない。ゆえに被乾燥食品の両面から加熱（double contact plate heating 複式加熱）する方法を採用すれば乾燥は均一に進行する。被乾燥食品の厚みのうすいものに対しては片面は赤外線ランプの輻射熱を利用して有効である。さらに複式加熱において乾燥板に多数の釘をつけこれに被乾燥食品をはさみ、熱伝導面積を拡大すればさらに乾燥時間は短縮される。（double spiked plate heating）これら乾燥板を使用したばあいの乾燥時間を比較すると第3図のごとくである。このほか加熱を有効に行うためには周波数 $60 \text{ Mc.} \sim 2400 \text{ Mc.}$ 程度の micro wave を使用することもある。この micro wave による誘電加熱のばあいは乾燥時間は単一加熱の $\frac{1}{2}$ 程度に短縮可能である。ただ micro wave の発振装置、温度調節などの点、経済的、技術的にまだ難点があり研究段階を出ていない。

食品の凍結乾燥においては真空度は $1.0 \sim 0.01 \text{ mmHg}$ 程度が要求される。そのため乾燥中の真空度の測定には $10 \sim 0.001 \text{ mmHg}$ 程度の範囲を測定し得れば十分である。したがって、使用する真空計は、ガイスラー管、水銀または油マノメーター、マクレオード真空計、ピラニゲージ、熱電対真空計が適当といえよう。実用規模の装置と用しては、操作が簡易で、堅牢なことが要求される。

第3図 各加熱方式による乾燥速度の比較
（ $\frac{3}{4}$ インチ生牛肉）

真空度の測定と温度測定は乾燥管理上重要なことである。一般に温度測定は熱電対温度計が使用されるが、感度、精度の点からはサーミスター温度計がすぐれている。乾燥にあたって温度管理を正しく行うためには、被乾燥食品の表面および中心温度、乾燥板および加熱板温度、乾燥室から排気系に通ずるパイプの間の温度、凝結機温度など個々に測定し得るように温度計の配置を行うべきである。また、これらの各部分の温度測定のために感熱部を平板、針状などの形態とし、正確な測定に適した形状強度にする必要がある。

2. 乾 燥

凍結乾燥においては乾燥中つねに被乾燥食品は低温度に保たれているので（第5図参照）、乾燥中におこる熱変性および、酸素、酵素による化学的変性はほとんど無視してもよい。しかし、乾燥開始前に抗酸化処理、酵素の不活性化などの変色、退色、変質に対する前処理を行っておかないと、乾燥製品を貯蔵中にある程度の変色、off-flavor、脂肪の酸化による悪臭などの変化がまぬかれず、復元、食用に供する場合に乾燥前とは品質的に低下してしまうことも生ずる。

これらのことから、被乾燥食品の成分組織に応じた前処理を行う必要がある。たとえば、ホウレンソウ、セロリー、キャベツなど有色蔬菜類にたいしては 95~100℃ の熱水中で 1~3 分程度のブランチングを行うことにより貯蔵中の褐変を防止し得る。蓮根、ゴボウなど処理中に黒変など変色の速かなものにたいしては、亜硫酸塩類、食塩溶液中で軽くブランチングすることにより処理中の変色、乾燥後の変色も防止し得る。リンゴその他の酸化酵素の強い果実にたいしては、亜硫酸塩類、ビタミンC、その他の還元性物質、有機酸、食塩溶液に一定時間

浸漬することにより酵素作用による褐変を防止することが出来る。トマト、人蔘、桃など脂溶性の色素カロチノイドを含むものまたは、牛肉、豚肉、魚介類など脂肪の多いものは、乾燥後に空気中の酸素による酸化が進み、結果として前者は退色して特有の美麗な色は消失し、後者はいわゆる『油やけ』が進み、着色が進み、off-flavorも起る。これらの食品にたいしては乾燥前に抗酸化剤の添加、滲透を行う必要がある。

果汁、蔬菜汁、牛乳、コーヒー、茶などは水分分量90%以上である。これらのものを直接無水物に近い状態まで乾燥することは、乾燥効率、施設の面から非常に不利な場合が多い、このことからこのような液体の水分の多い食品はあらかじめ、真空濃縮または凍結濃縮により第1表に示す程度の濃縮液としてから、乾燥に移すべきである。

凍結乾燥においては、乾燥前の凍結条件は品質を左右するひとつの因子となる。すなわち、食品を凍結することにより食品の組織中の水が氷結する場合に、その条件によって氷の結晶の状態、すなわち、氷の結晶の大きさが異り、結果として、食品の物理性に影響することが多いわけである。たとえば、第4図の鶏肉の凍結切片の顕微鏡写真にみられるように -10℃ で凍結した場合と -60~-70℃ で凍結した場合とでは、形成された氷の結晶の大きさが異なる。-10℃ の方は大きな氷の結晶のため組織がバラバラに破壊された状態に近くなっていることがわかる。このようになったものは、乾燥したものを復元しても、食用に供した場合に texture すなわち『歯切れ』がなど物理性不自然なものとなる。このことから凍結は冷凍食品と同様考えるべきであろう。すなわち -30℃ ~

第1表 乾燥に適する濃度

	食 品 名	全 固 形 量 (%)
果 汁	ブ レ ド ウ	50 ~ 55
	レ モ モ	40 ~ 45
	柑 ス ト	50 ~ 60
	ス マ モ	60 ~ 70
	ト バ ナ	25 ~ 35
		20
	コ ー ヒ ー	40 ~ 50
	茶	30 ~ 35
鶏 卵	全 卵	28
	卵 卵	45
	卵 白	10
牛 乳	全 乳	30 ~ 35
	脱 脂 乳	35 ~ 40

-60~-70℃ で凍結したものの

-10℃ で凍結したものの粗い大きな氷の結晶が形成している。（白く光っている部分）

第4図 凍結生鶏肉の顕微鏡写真

-40°C 程度の温度で急速に凍結すべきで、理想的には double contact plate で急速冷凍が望ましい。

以上のように前処理および凍結されたものは、真空中で昇華による乾燥が進められるのであるが、その乾燥の条件を表示すると第2表のごとくである。乾燥中の被乾燥食品の品温および水分の変化を示すと第5図のごとく乾燥は常に低温で進められ、乾燥の終了は被乾燥食品の品温と乾燥板温度から見出し得ることがわかる、乾燥速度は前述したごとく、被乾燥食品の厚み、加熱温度、真

空度の三つの因子により決定される。

乾燥中の成分変化は理想的条件、すなわち、無加熱で行った場合には品温は常に低温に保たれるためほとんど起らない。しかし、実際問題としては乾燥時間を短縮するために（昇華促進のため）加熱する必要がある。加熱温度が高い場合、この乾燥法でもある程度の成分変化は考えられる、その程度を第6図に示した。しかし、その変化は常圧の乾燥方法の変化に比較した場合には無視し得る程度のものである（第2表参照）。

3. 乾燥製品の特徴

前述の乾燥装置、条件で乾燥した製品は非常に多孔質な状態に乾燥されるため固形物の収縮はなく、原形をとどめた乾燥製品となる、可溶性成分の表面への移動固化がないため被乾燥食品表面の2重3重の不透過性の層の形成（case hardening）がない。このため乾燥食品とし

第2表 各種食品の凍結乾燥例

食 品 名	厚 み (mm)	乾燥板 温 度 (°C)	真 空 度 (mmHg)	乾燥時 間(h)
牛 肉(煮熟)	8~10	55	1	6
マ グ ロ (生)	6	40	1	6
カ キ (生)	10~15	40	0.5~0.01	14
カ ニ (水煮)	10~20	40	0.5~0.01	8
エ ビ(半割水煮)	8~10	45	0.5~0.01	6
卵 白 (生)	5	40	0.5~0.01	4
卵 黄 (生)	5	40	0.5~0.01	3
全 卵 (生)	5	40	0.5~0.01	3~4
白 桃 (8当分)	10~20	45	0.5~0.01	14
缶 桃	10~15	45	0.5~0.01	12
パ ナ ナ (輪切)	5	45	0.5~0.01	6
トマトジュース	5	50	0.5~0.01	4~5
ピーマン (生)	4	50	1	5
ク (ブランチ)	4	50	1	4
キャベツ	1~2	50	1	2~3
タマネギ (輪切)	3~4	50	1	5
人 蔘 (輪切)	4	50	1	5
ハ ス (輪切)	4	50	1	4
馬 鈴 薯(ブランチ)	10	55	1	5
ワ サ ビ (輪切)	2~3	50	1	3
ショウガ (輪切)	2	50	1	3~4
マツタケ	10	45	0.5~0.01	5
正 油	3	45	0.5~0.01	3
味 噌	4	45	1	4~5
緑 茶(濃厚浸出液)	4	40	0.5~0.01	3
紅 茶(濃厚浸出液)	4	40	0.5~0.01	3
コーヒー(濃厚浸出液)	4	40	0.5~0.01	3
ロイヤルゼリー	4	40	0.5~0.01	2~3

第5図 カキ(貝)の凍結乾燥中の品温、乾燥板温度、乾燥室内の真空度および被乾燥物の水分の変化

第6図 トマトペーストの凍結乾燥における加熱温度と成分変化

第3表 各種乾燥法による食品の乾燥条件と品質

品 名	乾 燥 法	乾燥板温度 (°C)	真 空 度 (mmHg)	乾燥時間 (時)	製品の水分 (%)	外 観	組 織 case hardening	復 元 率 (%)
蒸煮鶏肉	真 空 乾 燥	70~73 70~72 40~42 40~42 20	175 40 20 0.3 0.2	8.5 9.0 10.5 10.5 9.0	31.7 24.7 39.2 7.8 32.0	暗 色 暗 色 僅 に 暗 色 良	++++ ++++ ++ + -	(REGIER) 30
生 牛 肉	真 空 乾 燥 凍結真空乾燥	0~15 35~45 -15~40	23 23 0.2~0.1	60.0 65.0 24.0	20.0 7.5 3.0	暗 褐 色 暗 褐 色 淡 紅	++ + -	30 80~90 (TAPPEL)
生 白 桃	通 風 乾 燥 凍結真空乾燥	70~75 -20~60	360 0.5~0.005	20.0 14.0	(7~8) 2.5	暗 褐 色 白	++++ -	10 80 (木村)

て第一に要求される復元性は非常に高い。食品成分として好ましい種々の成分の熱変性がほとんどない。すなわち、蛋白質、アミノ酸、天然色素、ビタミンその他コロイド物質の変化がない。このことは復元後の色調、味が乾燥前と変わらないことを意味している。揮発性分の損失が少いことからその食品本来の芳香も比較安定に保たれている、製品の水分は経済的な乾燥条件を与えて乾燥しても、3%以下の低水分まで容易に乾燥されるために、常温貯蔵においても品質は非常に安定である。

このように乾燥食品として具備しなければならぬ味、芳香、色調、品質の安定性、復元性のあらゆる点で満足すべきものである。製品の一例を示すと第7図のごとくである、乾燥マツタケはあつ汁に入れればただちに秋のかおりがただよい、乾燥苺は水に浸漬するだけで美麗な色とかおり、味を賞味することが出来る。同様に果汁、コーヒー、緑茶、味噌汁、醤油などの乾燥粉末も水または湯に投入することによってたたちに飲用また

は使用される状態にもどる。

4. 乾燥製品の包装および貯蔵

凍結乾燥による製品は以上のごとく品質的に非常にすぐれたものである、しかし、製品の組織は多孔質であり、低水分であることから、吸湿および酸化表面積が拡大されていることを意味している。このことから吸湿による形態の収縮、固結、液化などの変化、復元性の低下が起る。また脂肪の酸化は「油やけ」となつてあらわれ変色、異臭の原因となるし、脂溶性色素カロチノイドは酸化の結果退色してしまう。

たとえば、凍結乾燥した乾燥コーヒー粉末、醤油粉末、果汁粉末などは、室温 25°C 関係湿度70%程度の条件に放置された場合、10分以内に4%程度の吸湿率を示し、粉末特有のサラサラした感じは消失し、30分程度放置した場合は10%以上の吸湿量を示し、徐々に表面は液化の状態となる、このようになったものは、溶解度はもちろん低下してしまう。苺を凍結乾燥した場合、アントシアニンによる苺の特有の美麗な色はそのまま残り、2%以下の水分に保てばその色は1~2年間 30°C 程度に貯蔵しても失われずに残存するが、これを関係湿度70%、室温 30°C 程度の条件に貯蔵した場合は2週間程度でアントシアニンは分解し苺の特有の色は消失してしまう。

このような吸湿による変性、すなわち、製品の水分含量の増加によっておこる変化は、水溶性成分の分解、結合により進むものであるから、製品を低水分の状態とし、低湿の条件下で検査、充填、包装すべきであることを示している。凍結乾燥食品のごとく一般に吸湿性の高い製品の取扱いは関係湿度20%以下の環境で行うことが望ましい。

脂肪の酸化の結果は前述のごとく、「油やけ」の状態となり、色、ニオイ、味は低下し、脂溶性ビタミンは酸化し栄養面からも品質は低下する。また、脂溶性の天然色素であるカロイドは酸化し、トマト、人蔘、オレン

第7図 凍結乾燥製品

上左 マツタケ 上右 生ガキ(貝)
下左から バインアップル、サヤエンドウ、
グリーン、アスパラガス

ジ、西瓜などの特有の美麗な色調を失ってしまう。これらの酸化による乾燥食品の低下は、たんに製品の水分含量を低下させるだけでは防止は出来ない。これら酸化防止の手段として考えられることは、乾燥前に抗酸化剤またはそれらと相乗作用を有する添加剤を添加処理し、さらに包装容器に充填するさいに、真空充填を採用するか、窒素ガス、炭酸ガスなど不活性ガスを容器中の空気と置換することなどの方法を採用する。

凍結乾燥による乾燥食品は多孔質であり、さらに低水分であることから、弾性、強度は他の加工食品とは非常に異なる。凍結乾燥食品のこれらの研究例はほとんどないが、筆者の測定結果の一部はつぎのごとくであった。凍結乾燥食品の破碎強度は水分1%の煮熟牛肉乾燥品4mm厚のもの、0.5~1kg/cm²、カキ(貝)1~2kg/cm²、3~4mm厚の乾燥バナナ2~3kg/cm²、キャベツ0.5kg/cm²以下であった。これに対しビスケット、4~5kg/cm²、カワラセンバイ7~9kg/cm²で従来の低水分食品にたいし、破碎強度は低いことを示している。このことは乾燥製品の輸送中に機械的な衝激、振動、圧力によって破損しやすいくことを意味し、その結果は外観上の品質低下の原因となる。ゆえに、包装容器の材質、形状を検討も包装上の一つの問題点といえよう。

乾燥食品の品質を容器中において安定に保つためには、製品の水分を低水分に保つ必要のあることはすでにのべたが、その程度は水分1%またはそれ以下が望ましい。乾燥機中で水分1%まで乾燥するには非常に長時間を必要とする。たとえば水分3%の粉末果汁を乾燥機中で5mmHg以下の真空度で乾燥し、水分1%の粉末果汁とするには30~50時間を必要とする。このことは乾燥経費の面からみて不利である。ゆえに乾燥機外か、または、製品容器中で水分調整(moisture conditioning)を行う必要がある。水分調整を行うには乾燥剤を充填し

た箱、または室、すなわち、低湿度の環境に一定期間放する。また容器へ充填したまま、すなわち、市販品の状態で水分調整を行うには、製品を容器へ充填するさいに、生石灰、シリカゲル、活性アルミナなどの乾燥剤を通気性のある紙袋に入れ、製品と同時に充填する方法を採用する(in package desiccation.....IPDと略記)。

IPDを行なうさいの乾燥剤の充填量は製品の充填重量の10%程度が適当である。いずれの場合もこの処理により10~30日で1%以下の水分に調整することができる。このような低水分のものは食品として苛酷な条件に貯蔵されても、安定な状態に保たれる。

む す び

以上凍結乾燥食品について筆者の研究結果と欧米の研究結果をもとに概括的な解説を試みた。わが国において凍結乾燥方法による食品は未だ市販の段階には至っていない。その大きな理由としては、乾燥装置に相当程度の経費を必要とすることである。すなわち、この乾燥には比較的真空を必要とするため、装置の素材およびその加工に従来の常圧における乾燥装置より経費がかさむことから、乾燥製品の販売価格も従来の乾燥食品より高価にならざるを得ないためと考えてよいであろう。しかし、その製品の品質は従来の乾燥食品にたいする概念を一新するにたるものであるから、その乾燥経費は品質の優秀さにより、相殺することが可能であろう。また、近年のわれわれの生活合理化の傾向は上述のすぐれた品質の乾燥食品の出現を要求しており、わが国の真空技術は懸念される経済的な問題を解消し得る域に達してきている。これら二つの理由から近い将来に凍結乾燥方法による新しい乾燥食品がわれわれの食膳にぎわすようになるものと考えている。

真空、4月号予告

綜 説

- マイクロバランスの話 石 村 竜
実験用ガス液化器について (下) 北 川 浩・石 井 寿 一

研 究

- 残留ガスの質量分析 岡 野 純

基 礎 講 座

真空の「もれ」探し

基礎講座委員会